

(54) TUNNEL INJECTION TYPE TRANSIT-TIME EFFECT THREE-TERMINAL SEMICONDUCTOR DEVICE

(11) 2-56972 (A) (43) 26.2.1990 (19) JP

(21) Appl. No. 64-125599 (22) 18.5.1989

(71) SEMICONDUCTOR RES FOUND (72) JUNICHI NISHIZAWA

(51) Int. Cl. H01L29/804, H01L29/784

BEST AVAILABLE COPY

PURPOSE: To obtain a three-terminal semiconductor device operated at ultra-high speed by controlling tunnel injection.

CONSTITUTION: A thin layer composed of a second conductivity type high impurity density region is formed brought into contact with a source region consisting of a first conductivity type high impurity density region, and used as a tunnel injection junction. $8 \times 10^{-6} \text{ cm}^{-1} < \text{NaW}^2 < 5 \times 10^7 \text{ cm}^{-1}$ are satisfied in the impurity density (Na: unit cm^{-3}) and thickness (W: unit cm) of a second conductivity type, a drain region is shaped from the first conductivity type high impurity density region while being brought into contact with the high impurity density region of the second conductivity type, and a gate region made up of an insulator or a semiconductor having forbidden band width larger than a semiconductor region is formed from a source to a channel region. The angle of transit of carriers injected to a tunnel in a channel is brought to approximately 2π from π radial. By this, a ultra-high density ultra-high speed integrated circuit is acquired.

(54) MULTILAYER OPTICAL WIRING BOARD

(11) 2-56973 (A) (43) 26.2.1990 (19) JP

(21) Appl. No. 63-206473 (22) 22.8.1988

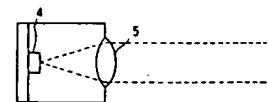
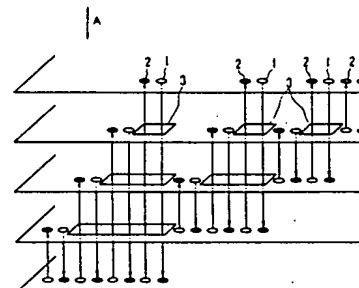
(71) NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

(72) KAZUHIRO NOGUCHI(3)

(51) Int. Cl. H01L31/12, H01L27/00, H01L27/15

PURPOSE: To transmit and receive signals among boards at high speed by providing the wiring board transmitting the signals, light-emitting elements being formed onto each surface of the board and emitting mutually parallel light and a modulating means modulating the light and using parallel light beams transmitted in space as the medium of a wiring.

CONSTITUTION: A light-emitting element module 1 converts an electric signal into an optical signal, the light is radiated into space as light beams collimated in parallel by a lens 5, and the light beams are condensed to a photo-detector 4. The photo-detector 4 has a function in which the intensity of the light beams is converted into the electric signal. The light-emitting element modules 1 and photo-detector modules 2 in the same number as the number of boards mutually conducting communication are arranged onto each board. The modules 1 and the modules 2 are disposed so that light beams emitted from respective light-emitting element module 1 are received by the photo-detector modules 2 on the mutually different boards. Accordingly, a high-speed inter-board wiring having all independent signal transmission paths between arbitrary two boards in a plurality of the boards can be realized.



(54) MANUFACTURE OF LIGHT-EMITTING DIODE

(11) 2-56974 (A) (43) 26.2.1990 (19) JP

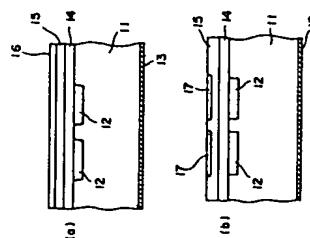
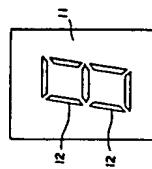
(21) Appl. No. 64-112241 (22) 2.5.1989

(71) OKI ELECTRIC IND CO LTD (72) TAKASHI USHIKUBO(3)

(51) Int. Cl. H01L33/00

PURPOSE: To equalize brightness among each light-emitting region by utilizing the reaction of chalcogenide glass and a metallic thin-film and making the light-emitting regions emit light after the formation of the film.

CONSTITUTION: An insulating film 14, a chalcogenide glass (As₂S₃) thin-film 15 and a metallic thin-film 16 are shaped successively onto an N-type compound semiconductor substrate 11. When each P-type diffusion layer 12, respective light-emitting region, emit light for a fixed time at the same current value, chalcogenide glass and the metallic thin-film 16 are reacted on each P-type diffusion layer 12 by the emission, and metallic diffusion sections 17 are shaped positioned to respective P-type diffusion layer 12 by self-alignment in the chalcogenide glass thin-film 15. The metallic diffusion sections 17 are formed so that the quantities of a metal diffused are proportional to the brightness of each P-type diffusion layer 12. Accordingly, the dispersion of the brightness of respective light-emitting region is absorbed by each metallic diffusion section 17, thus equalizing the brightness of separate light-emitting region as viewed from the outside.



⑩ 日本国特許庁 (JP) ⑪ 特許出願公開
 ⑫ 公開特許公報 (A) 平2-56973

⑬ Int.CI.³ 識別記号 廣内整理番号 ⑭ 公開 平成2年(1990)2月26日
 H 01 L 31/12 C 7733-5F
 27/00 301 A 7514-5F
 27/15 7733-5F

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全8頁)

⑮ 発明の名称 多層光配線板

⑯ 特 願 昭63-206473
 ⑰ 出 願 昭63(1988)8月22日

⑱ 発明者 野口 一博 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内
 ⑲ 発明者 坂野 寿和 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内
 ⑳ 発明者 松本 隆男 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内
 ㉑ 発明者 保刈 和男 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内
 ㉒ 出願人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号
 ㉓ 代理人 弁理士 中村 純之助

明細書

1. 発明の名称

多層光配線板

2. 特許請求の範囲

1. 信号を伝達すべきn枚 ($n \geq 2$) の配線基板と、該配線基板のそれぞれの面上に ($n-1$) 個設けられた互いに平行な光を発する発光素子と、上記発光素子の発する光を変調する変調手段と、上記配線基板のそれぞれの面上に ($n-1$) 個設けられ、異なる配線基板上の上記発光素子からの光信号を受信する光検出素子と、該光検出素子に照射される光に含まれる信号成分の復調を行なう復調手段とを具備し、上記配線基板のうちの各1枚について上記発光素子がそれぞれ互いに異なった上記配線基板上の上記光検出素子に信号を伝達するように配置され、かつ、上記発光素子が設けられた第1の配線基板とその光を受信する上記光検出素子が設けられた第2の配線基板との間に第3の配線基板が存在する場合は、該第3の配線基板にその光を通過させる光通過領域が設けられて

いる構成を含んでなることを特徴とする多層光配線板。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、電子回路装置内の実装基板(配線基板)相互間の、高速かつ高密度な信号の送受信を行なう配線を有する多層光配線板に関する。

(従来の技術および発明が解決しようとする課題)

装置内に実装された複数のボード(配線基板)間で信号の授受が必要な場合、これらのボード間に信号送受用の配線を施す必要がある。従来、このような場合のボード間配線は、ボードの一端に複数の接点を設けて、これを装置筐体のコネクタに接続し、コネクタ端子に配線を施すことによって実現されていた。こうした装置では、装置の大型化に伴ってボードの数が増加すると、ボード間の配線数が増加し、配線が高密度となる。このため、このような電気的配線では信号伝送線が細くなることに伴うインダクタンスの増加、伝送線の間隔が狭くなることに伴う浮遊容量の増加が顕著

となり、数十MHz以上の高周波信号の伝送が困難となる。また、配線の高密度化に伴う伝送線の増加は伝送線間に電磁誘導による相互干渉を引き起こし、信号の劣化をもたらすのみならずコネクタ背面における伝送線の錯綜を招き、その結果として伝送線の収容スペースの増大、収容方法の煩雑化を促進するという欠点がある。

こうした電気的配線の欠点を改める配線法として、最近、光を信号伝送媒体として用いる光配線法が提案されている。これは、送信すべき信号によって変調された光を発光素子を用いて発生させ、これを信号受信側に設置された光検出素子によって復調することによって信号を送受する方式で、電気的配線で問題となるインダクタンス、浮遊容量、電磁誘導の問題がないため、広帯域な信号伝送が可能な利点がある。

上記の光配線の一つの形態として、信号送信側に発光素子、受信側に光検出素子をそれぞれ配置し、この両者を光ファイバ等の光導波路によって接続する方式がある。第6図に、光ファイバを

示す。第7図から明らかなように、曲率半径が20mm以下となると、おおむね1年で1%の光ファイバが破断に至ることとなり、その信頼性が無視できなくなる。従って、直径40mm以下の曲がりを光ファイバに与えないように収容する必要がある。このため、この方式では光コネクタの背面の光ファイバ収容スペースを大きくしなければならないという欠点が生じる。また、この方式ではボード数の増加に伴ってボード間を接続する光ファイバ数が増加すると、これらのファイバを直径40mm以下の曲がりを与えないように支持しつつ収容することが困難となる上、上記電気的配線の項で説明した伝送線の錯綜の問題に対して何ら解決がなされていない。

上記のような光導波路配線の欠点を改善する光配線の形態として、発光素子から自由空間に光を放射し、これを光検出素子に集光して信号を伝達する光空間配線がある。第8図に、光空間配線を用いた配線方式の概念図を示す(ジェイ・ダブリュー・グッドマン(J. W. Goodson)らによるオ

用いたボード間光配線の概念図を示す。第6図において、61は発光素子、62は光検出素子、63はボード間接続用光ファイバ、64はボード内接続用光ファイバ、65は光コネクタ部分である。第6図の方式では、ボード上の素子に近接して発光素子あるいは光検出素子を配置し、同一ボード内の発光素子-光コネクタ間および光コネクタ-光検出素子間を光ファイバで接続する。また、光コネクタ-光コネクタ間も光ファイバを介して接続する。これにより、発光素子-光検出素子間をすべて光導波路で接続することとなり、光の持つ高速性、不干渉性をそのまま配線に生かすことができる。しかし、この方式では、光コネクタ-光コネクタ間の配線に用いる光ファイバをコンパクトに収容する方法が問題となる。一般に、光ファイバは曲げあるいは外部応力によって信頼性の劣化をきたし、破断に至る可能性があるため、曲がり部分の曲率半径を小さくすることができない。

第7図に、光ファイバの曲率半径と光ファイバの破断確率が1%に達するまでの時間との関係を

示す。第7図から明らかなように、曲率半径が20mm以下となると、おおむね1年で1%の光ファイバが破断に至ることとなり、その信頼性が無視できなくなる。従って、直径40mm以下の曲がりを光ファイバに与えないように収容する必要がある。このため、この方式では光コネクタの背面の光ファイバ収容スペースを大きくしなければならないという欠点が生じる。また、この方式ではボード数の増加に伴ってボード間を接続する光ファイバ数が増加すると、これらのファイバを直径40mm以下の曲がりを与えないように支持しつつ収容することが困難となる上、上記電気的配線の項で説明した伝送線の錯綜の問題に対して何ら解決がなされていない。

第8図では、発光素子81から空間的に広がりを持って放射された光をレンズアレイあるいはホログラム83によって複数の点に集光し、これを隣接ボードに配置された光検出素子82で検出する。これにより、通信のための伝送線を設置することなく隣接ボード間で信号の送受が可能となる。しかし、この方式では、隣接していないボード間に回線を設ける場合、光が中间に実装されたボードによってさえぎられないように、中间のボードに光透過部を設ける必要がある。この光透過部は、空間的に広がった光を通過させるため、ボード上でかなり大きな領域を必要とする。従って、複数のボード間通信回線を同時に使用するためには、

回線毎に中間ボードの光透過部を設けると、光透過部の領域が過大となって、装置を形成する電子回路素子を配置する領域が圧迫されるという欠点が生じる。また、複数の回線に同一の光透過領域を割り当てた場合、複数の信号光が光透過領域で空間的に混在するため、特定のボードに向かって送信された光のみをそのボード上の光検出素子に効率よく集光することが困難となり、信号光の受信効率が大幅に低下するという欠点が生じる。

本発明は上記のような電気的配線および光配線の欠点を除去し、複数のボード中の任意の2枚のボード間のすべてに独立な信号伝達経路を持つ、高速かつ高密度な配線を実現した多層光配線板を提供することにある。

〔課題を解決するための手段〕

上記目的を達成するため、本発明の多層光配線板は、信号を伝達すべきn枚($n \geq 2$)の配線基板と、該配線基板のそれぞれの面上に($n-1$)個設けられた互いに平行な光を発する発光素子と、上記発光素子の発する光を変調する変調手段と、

上記配線基板のそれぞれの面上に($n-1$)個設けられ、異なる配線基板上の上記発光素子からの光信号を受信する光検出素子と、該光検出素子に照射される光に含まれる信号成分の復調を行なう復調手段とを具備し、上記配線基板のうちの各1枚について上記発光素子がそれぞれ互いに異なる上記配線基板上の上記光検出素子に信号を伝達するように配線され、かつ、上記発光素子が設けられた第1の配線基板とその光を受信する上記光検出素子が設けられた第2の配線基板との間に第3の配線基板が存在する場合は、該第3の配線基板にその光を通過させる光透過領域が設けられている構成を含んでなることを特徴とする。

〔作用〕

本発明は、空間を伝わる平行光ビームを配線の媒体として用いることにより配線の高密度化を図り、従来の電気的なボード間結線によって対処できない高速なボード間信号送受を可能とする。本発明は、光導波路あるいは空間的に広がりを持つ放射光を用いる光配線技術と明確に異なる。

〔実施例〕

実施例 1

第1図に、本発明による第1の実施例を示す。第1図において、1は発光素子モジュール、2は光検出素子モジュールである。また、3は通過光が通過するための透過領域である。第1図における発光素子モジュールおよび光検出素子モジュールはともに例えば第2図に示す構成となっている。ここで、4は発光素子あるいは光検出素子である。また、5は凸レンズであり、発光素子あるいは光検出素子4から、その焦点距離に等しい距離だけ離れた位置に、その光軸が発光素子あるいは光検出素子4を通過するように配置されている。すなわち、発光素子モジュール1は電気信号を光信号に変換し、この光をレンズ5により平行にコリメートされた光ビームとして空間に放射し、この光ビームを光検出素子4に集光する。光検出素子4はその光ビームの強度を電気信号に変換する機能を有する。第1図の実施例における光配線部は、配線されるべき各ボード上で、実験状態のボード

面に垂直な方向(矢印Aで示す)から見て互いに重なりあう位置に配線されている。このとき、各ボード上には、このボードが互いに通信を行うべきボードの数と同数(すなわち、ボードの総数より1個少ない数)の発光素子モジュール1および光検出素子モジュール2が配置される。そして、それぞれの発光素子モジュール1から発した光ビームは、互いに異なるボード上の光検出素子モジュール2によって受信されるように配置し、それぞれの光検出素子モジュール2は、互いに異なるボード上の発光素子モジュール1からの信号光が受信できるように配置される。この際、それぞれのボード上で他のボード間通信のための光ビームの経路となる部分には、光が通過するための穴をあける等の方法によって光透過領域を設定する。このような配置により、配線すべきボード群の中の任意の2枚のボードのすべての組合せに対して独立した通信路が存在するような配線方式が実現する。第1図の実施例では、5枚のボードに対してこのような配線方式を実現したものである。

上記第1の実施例では、発光素子モジュール1および光検出素子モジュール2の配置が比較的不規則なものとなる。また、各ボードの光透過領域3を多数の部分領域に分割して配置する必要がある。このため、ボード数の増加に伴って、各ボード上の各構成素子の配置が不規則かつ複雑になり、装置の調整、保守に支障をきたす可能性がある。そこで、これら各素子の配置に規則性を持たせた本発明による第2の実施例について説明する。

実施例 2

第3図に、本発明による第2の実施例を示す。第3図において、1は発光素子モジュール、2は光検出素子モジュールであり、上記の第1の実施例で用いたモジュールと同一のものが使用されている。また、3は通過光が貫通するための通過領域である。第3図の実施例における光配線部は、配線されるべき各ボード上で、実装状態のボード面に垂直な方向から見て互いに重なりあう位置に配置されている。また、第3図における発光素子モジュール1、光検出素子モジュール2および光

透過領域3の配列は以下の規則に従っている。配線されるべきボード数をnとしたとき、正方形の光配線部を縦横それぞれn個に区分することにより、全体をn行n列のマトリックス状に区分する。このとき、上からi番目($1 \leq i \leq n$)のボードではi行目の1～(i-1)列目の位置に、上向きに光ビームを放射する発光素子モジュール1を一列に配置し、i行目の(i+1)～n列目の位置に、下向きに光ビームを放射する発光素子モジュール1を一列に配置する。また、1～(i-1)行目のそれぞれ1列目の位置に、上方からの光ビームを受ける光検出素子モジュール2を一列に配置し、(i+1)～n行目のそれぞれ1列目の位置に、下方からの光ビームを受ける光検出素子モジュール2を一列に配置する。さらに、1～(i-1)行目における(i+1)～n列目の範囲、および(i+1)～n行目における1～(i-1)列目の範囲にそれぞれ光透過領域3を設置し、この範囲に入射する光ビームをそのまま通過させるようとする。

このように各構成部分を配置することにより、任意の2ボード間で信号の送受が可能となる。すなわち、i番目のボードからj番目($1 \leq j \leq n$)のボードに信号を送信する場合、i番目のボードのj列目の発光素子1から変調された光ビームを送出すれば、中間にあるすべてのボード上でこの光ビームが通過する位置には通過領域があることになる。従って、この光ビームは中間のボードをすべて通過してj番目のボードのi行目の光検出素子2に達し、ここで受信される。

実施例 3

上記実施例において配線を高密度化する場合、発光素子モジュール1および光検出素子モジュール2を高密度に配置する必要がある。この際、配線の高速性を維持するためには、これらのモジュールに近接して、発光素子の変調回路あるいは光検出素子信号の識別回路等のモジュールを配置する必要がある。第4図に、実際のボードに実装された各構成部分の配置の一例を示す。図から明らかのように、一列に配置された発光素子モジュー

ル1および光検出素子モジュール2の一方は光透過領域3に隣接するが、もう一方はボード上の領域となる。そこで、発光素子モジュール1を表面側に、光検出素子モジュール2を裏面側にそれぞれ配置すれば、上記のボード上の領域に、変調回路等のモジュールを空間的な余裕をもって配置することができる。従って、本実施例では、発光素子モジュール1および光検出素子モジュール2の高密度な配置を容易に実現することができる。

一般に、光ビームの強度の空間分布がガウス型であると仮定すると、発光素子1から光検出素子2まで到達する光ビームのスポットの直径は回折によって発光素子1あるいは光検出素子2の位置で最大となる。この最大スポット直径をdとするとき、回折限界によって定まるdの最小値 d_{min} は、光の波長λ、発光素子モジュールと光検出素子モジュールとの間の距離Lによって、

$$d_{min} = 2 \times (\lambda L / \pi)^{1/2} \quad \dots (1)$$

と表わされる。本発明の第1および第2の実施例において、隣接する行あるいは列を通過する光ビ

ームの間隔が(1)式で示される d_{min} 以下になると、これらの光ビームが互いに重なり合い分離することができなくなる。すなわち、式(1)は、本発明における光の配線密度の限界を示す式である。一例として、 $\lambda = 0.8 \mu m$ 、 $L = 1 m$ の場合、おおむね $d_{min} = 1 mm$ となり、配線間隔を $1 mm$ 以上とする必要がある。

また、上記第1および第2の実施例において発光素子モジュールの取り付け角度のずれ、機械的振動等によるボードの変形などの原因で、発光素子モジュールからの光ビームの放射角度にずれを生じた場合、光検出素子モジュールの位置における光ビームの中心の位置ずれ量 d は、発光素子モジュールと光検出素子モジュールとの間の距離 L および光ビームの放射角度のずれ量 $\Delta \theta$ (rad) を用いて、

$$d = L \cdot \Delta \theta \quad \dots (2)$$

と表わされる。従って、例えば $L = 1 m$ の場合、光ビームの位置ずれを $1 mm$ 以下とするためには、角度ずれの許容量は $1 mrad$ 以下とする必要が生

スポット直径の最小値 d_{min}' は、式(1)の導出と同様な方法により、

$$d_{min}' = 2 \times (2D/\pi)^{1/2} \quad \dots (3)$$

によって求めることができる。ただし、 D は隣接ボード間の間隔である。また、このとき、凸レンズの焦点距離 F を

$$F = D/2 \quad \dots (4)$$

とすることにより、上記の最小ビームスポット径を維持しながら光ビームを光検出素子2に伝達させることができる。

また、本実施例の構成を用いれば、発光素子モジュールから発する光ビームに角度ずれが生じても、光ビームは最初に通過する凸レンズの屈折によって、その次に通過する凸レンズの中心を、発光素子から発したときと等しい角度だけ、光軸に対して逆方向に角度ずれした光ビームとなって通過する。従って、順次凸レンズを通過する光ビームの最大位置ずれ量は、最初に通過する凸レンズの位置における位置ずれ量に等しくなる。ところで、発光素子モジュールから発する光ビームに Δ

じる。

実施例 4

上記のような回折限界、発光素子モジュールの角度ずれの問題を緩和した、本発明による第4の実施例を示す。第5図は、本発明による第4の実施例における、光通過領域の形状を示す。本実施例においては、光通過領域の部分以外の、各ボード上の部品の構成および配置は上記第2の実施例と同一とする。ただし、本実施例では隣接して配置されるボード間の間隔がすべて等しいものとする。第5図において、6は凸レンズであり、光通過領域を通過する光ビームの中心軸にその光軸が一致するように配置されている。このように凸レンズ6を配置することにより、各ボードに配置されたレンズ6が通過する光ビームに対してレンズ導波路として働き、回折効果による光ビーム径の拡大を抑制する。

この場合、光ビーム強度の空間分布がガウス型であると仮定すると、隣接ボード間を伝達する光ビームが、凸レンズ25を通過する位置でのビーム

θ' (rad) の角度ずれが生じたとすると、発光素子モジュールから光ビームが最初に通過する凸レンズまでの距離は D であるから、この位置での光ビームの中心の位置ずれ量 d' は、

$$d' = D \cdot \Delta \theta' \quad \dots (5)$$

となる。式(1)および(2)のしが最も離れたボード間の間隔と考えれば、各ボードが等間隔で配列されていると仮定しているから、ボード枚数が n のとき、 $L = (n-1) D$ となる。従って、等しい角度ずれに対して、式(5)の位置ずれ量は式(2)の位置ずれ量の $1/(n-1)$ に抑制される。このため、角度ずれの許容範囲が $n-1$ 倍に拡大されることとなり、その許容範囲の緩和に対して大きな効果をもたらすことがわかる。

なお、上記第4の実施例の説明は、第2の実施例に適用した場合に対するものであるが、ここで説明した基本原理は、本実施例を第1の実施例に適用した場合にもそのまま成立するものである。従って、焦点距離がボード間隔の半分である凸レンズを、光通過領域上で、通過する光ビームの中

心臓にその光軸が一致するように配置すれば、本第4の実施例を第1の実施例に適用することができる。その他、本発明が上記実施例に限定されることがないのは言うまでもない。

〔発明の効果〕

以上説明したように、本発明による多層光配線板は、複数のボード中の任意の2枚のボード間のすべてに独立な信号伝達経路を持つ、高速、かつ高密度なボード間配線を実現することができる。

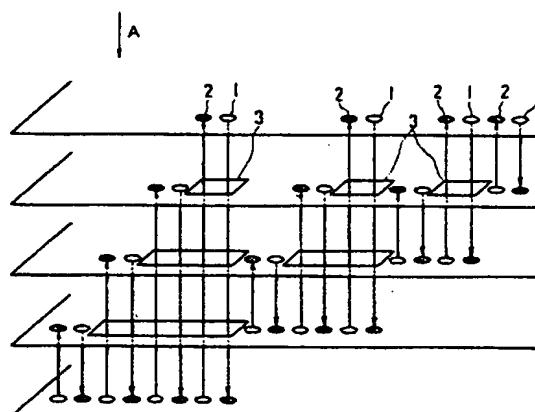
4. 図面の簡単な説明

第1図は、本発明の第1の実施例の構成を示す図、第2図は、第1図の発光素子モジュールおよび光検出素子モジュールの構造を示す図、第3図は、本発明の第2の実施例の構成を示す図、第4図は、第3図の実施例におけるボード上での各構成部品の配置を示す図、第5図は、本発明の第4の実施例における光通過領域の構成を示す図、第6図は、光ファイバを用いた従来のボード間光配線の概念を示す図、第7図は、光ファイバの曲率半径とファイバの破断確率が1%に達するまでの

時間との関係を示す図、第8図は、従来の光空間配線を用いた配線方式の概念を示す図である。

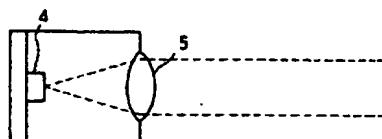
- 1…発光素子モジュール
- 2…光検出素子モジュール
- 3…光ビーム通過領域
- 4…発光素子または光検出素子
- 5…凸レンズ
- 6…凸レンズ
- 6 1…発光素子
- 6 2…光検出素子
- 6 3…ボード間接続用光ファイバ
- 6 4…ボード内接続用光ファイバ
- 6 5…光コネクタ
- 8 1…発光素子
- 8 2…光検出素子
- 8 3…レンズアレイあるいはホログラム

特許出願人 日本電信電話株式会社
代理人弁理士 中村純之助

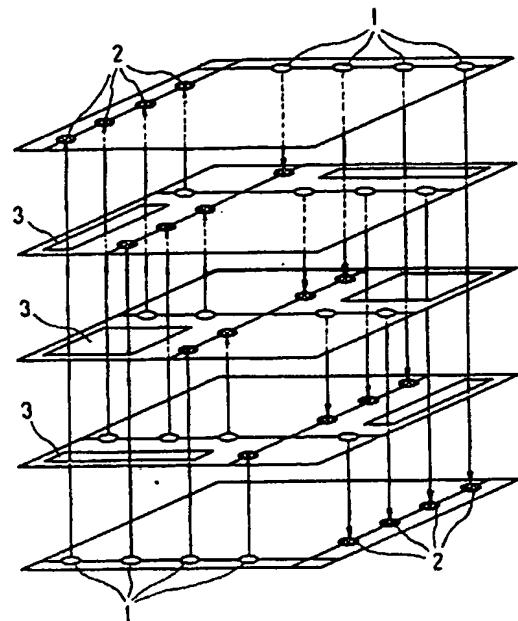


第1図

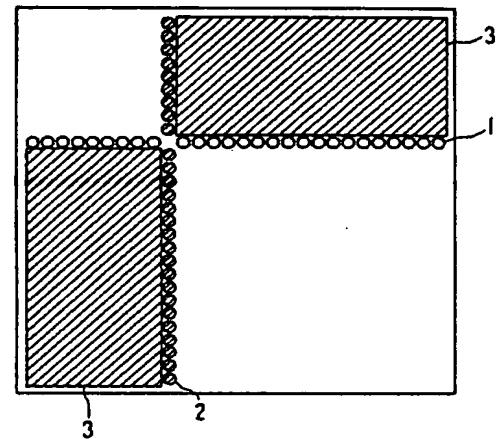
- 1…発光素子モジュール
- 2…光検出素子モジュール
- 3…光ビーム通過領域
- 4…発光素子または光検出素子
- 5…凸レンズ



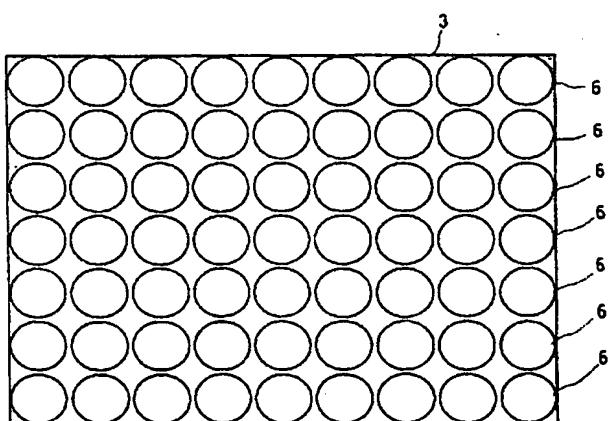
第2図



第 3 図

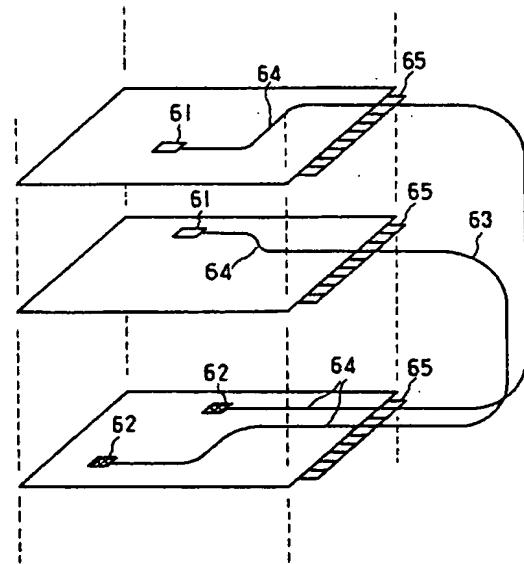


第 4 図

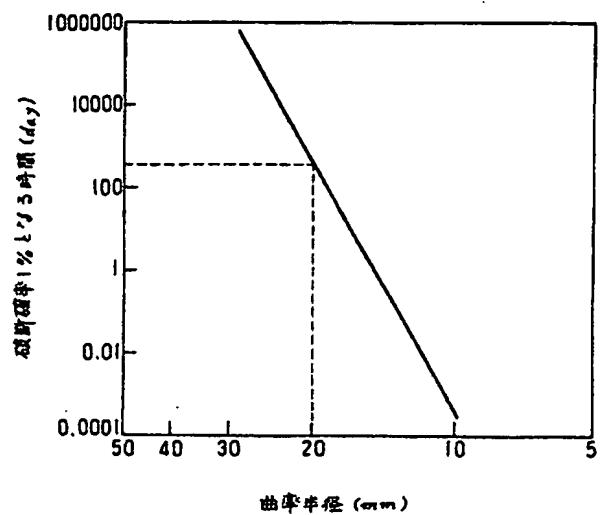


6…凸レンズ

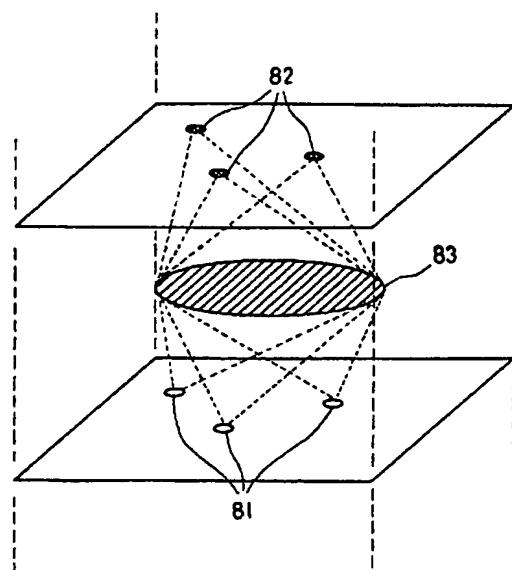
第 5 図



第 6 図



第 7 図



第 8 図